

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

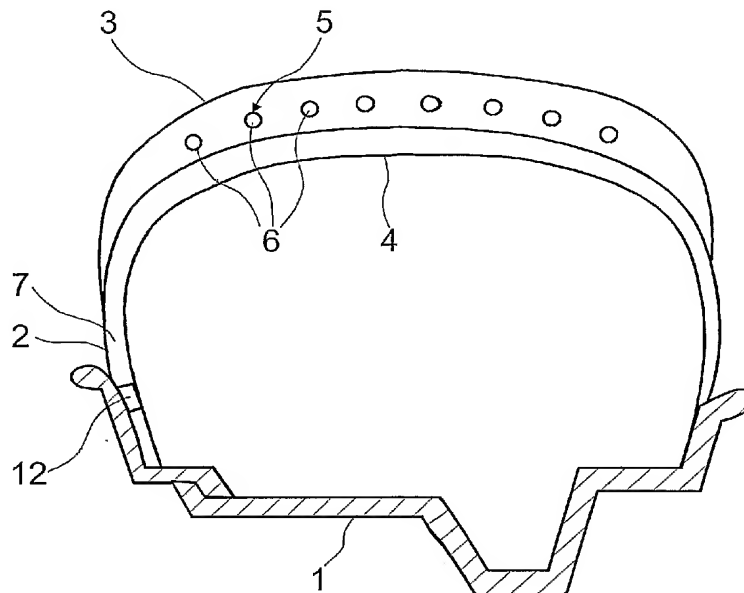
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/075221 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60C 23/06**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/001064
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
3. Februar 2005 (03.02.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 005 801.6 6. Februar 2004 (06.02.2004) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse  
225, 70567 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BICKEL, Boris**  
[DE/DE]; Landeckerstrasse 3a, 70329 Stuttgart (DE).
- (74) Anwälte: **NILI, Karim** usw.; Daimlerchrysler AG, Intel-  
lectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart  
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SENSOR DEVICE FOR DETERMINING THE INNER PRESSURE OF A TYRE PERTAINING TO A MOTOR VE-  
HICLE

(54) Bezeichnung: SENSORVORRICHTUNG ZUM ERMITTELN DES REIFENINNENDRUCKS BEI EINEM KRAFTFAHR-  
ZEUG



(57) Abstract: The invention relates to a sensor device for determining the inner pressure of a tyre pertaining to a motor vehicle, by means of at least one sensor in the form of a fibre-optical light guide, an evaluation and computing unit being used to deduce the desired parameter from a change in the light wave. The at least one sensor determines the form and/or size of a tyre contact area as an indication for the inner pressure of the tyre.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/075221 A2



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung richtet sich auf eine Sensorvorrichtung zum Ermitteln eines Reifeninnendruckes bei einem Kraftfahrzeug mittels mindestens eines Messfühlers in Form einer lichtleitenden Faser, wobei eine Auswerte- und Rechneinheit aus einer Veränderung der Lichtwelle auf den gesuchten Parameter schließt. Der mindestens eine Messfühler ermittelt dabei die Form und/oder Größe eines Reifenlatsches als Indikator für den Innendruck des Reifens.

Sensorvorrichtung zum Ermitteln des Reifeninnendrucks  
bei einem Kraftfahrzeug

Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung zum Ermitteln des Reifeninnendrucks bei einem Kraftfahrzeug mittels eines Messfühlers in Form einer lichtleitenden Faser, wobei aus der Veränderung der Lichtwelle auf den gesuchten Parameter geschlossen wird.

Aus der DE 39 37 966 C2 sind derartige Sensorvorrichtungen bereits bekannt, bei denen wenigstens ein Sensor die auftretenden örtlichen Verformungen erfasst. Im Bereich des Laufstreifens des Reifens sind Sensoren angebracht. Diese Anordnung bedient sich einer Funkübertragung der gemessenen Signale von einem im Fahrzeugrad angeordneten Sender zu einem Empfänger innerhalb des Fahrzeugaufbaus. Die Ermittlung der Werte geschieht z.B. mittels Dehnungsmessstreifen, die in den Reifen einvulkanisiert sind. Hierdurch sollen sowohl der Reifendruck als auch am Reifen wirksame Längs- und Querkräfte ermittelt werden. Die Einbringung der Messfühler in den Reifen bereitet allerdings erhebliche Probleme bei der Reifenherstellung.

Um den Problemen der vorgenannten Sensorvorrichtung zu begegnen, bedient sich eine in der DE 102 08 998 A1 offenbarte Fahrzeugreifensensorvorrichtung eines Messfühlers zur Ermitt-

lung der verschiedensten Parameter eines Reifens. Dieser Messfühler hat die Form einer lichtleitenden Faser, durch welche eine Lichtwelle durch den Reifenumfang geführt wird. Die jeweiligen Veränderungen der Reflektions- und Transmissions-eigenschaften der Lichtwelle lassen Schlüsse auf den/die gesuchten Reifenparameter zu. Die Verwendung derartiger lichtleitender Messfühler hat einen außerordentlich geringen Aufwand bei der Reifenherstellung zur Folge. Die vorbekannte Vorrichtung bedient sich vorzugsweise des infraroten Lichts aus dem verfügbaren Spektralbereich, was eine schädigende Beeinflussung des Reifenwerkstoffs deutlich mindert. Die Nutzung einer solchen Sensorvorrichtung ist verhältnismäßig vielseitig.

Gleichwohl geht das Bestreben dahin, weitere Anwendungsmöglichkeiten vorteilhaft zu gestalten. Hierbei kommt insbesondere dem Problem der Ermittlung des Reifeninnendruckes besondere Aufmerksamkeit zu.

Zur Messung des Reifeninnendruckes kommen heute vielfach spezielle Kontrollsysteme zur Anwendung, welche in der Praxis einen erheblichen technischen Aufwand und beachtliche Kosten verursachen.

Es sind verschiedene Kontrollsysteme zur Überwachung des Reifeninnendruckes bekannt, z. B. solche, die in der Felge angebracht sind und den Reifendruck unmittelbar messen, aber auch andere, die über eine ABS-Sensorik eine Veränderung des Abrollumfangs des Reifens detektieren und dadurch Schlüsse auf einen Druckverlust zulassen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Sensorvorrichtung zum Ermitteln eines Reifeninnendruckes bei einem Kraftfahrzeug nach der eingangs näher definierten Art zu schaffen, mit

welcher Sensorvorrichtung der Innendruck eines Reifens auf eine technisch möglichst einfache Art und Weise sowie kostengünstig bestimmbar ist.

Die Erfindung macht sich das Prinzip der Ermittlung eines Reifeninnendruckes anhand einer Reifendeformation zunutze. Wird zur Messung eine vorbekannte Fasersensorik als Messfühler eingesetzt, kann diese unmittelbar zur Überwachung des Reifeninnendruckes herangezogen werden, ohne dass zusätzliche spezielle Sensoren benötigt werden.

Erfindungsgemäß ist bei einer Sensorvorrichtung der eingangs bezeichneten Art die Anordnung so getroffen, dass der Messfühler die Form und/oder Größe des Reifenlatsches als Indikator für den Innendruck ermittelt. Die Form und Größe der Reifenaufstandsfläche auf der Fahrbahn ist von der Radlast abhängig, die während der Fahrt permanent schwankt. Allerdings ändert sich ihr Mittelwert nicht.

Der Einfluss der Radlast auf den Reifeninnendruck kann jedoch in einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung durch eine entsprechend parametrisierte Tiefpassfilterung eliminiert werden.

Es können gegebenenfalls weitere Daten zur Berücksichtigung der Radlastverlagerung herangezogen werden, wie z. B. die Fahrzeuglängsbeschleunigung, Fahrzeugquerbeschleunigung, Geschwindigkeit und Tankvolumen. Diese tragen wesentlich zu einer Berücksichtigung der Radlastverlagerung bei. Durch eine Tiefpass-gefilterte Auswertung ist selbst ein schleichender Luftverlust detektierbar.

Luftdruck und Radlast bestimmen gleichermaßen die Größe und Form des Latsches. Ein besonders hoher Luftdruck kann z. B.

zu einer eher runden Latschform führen. Diese entspricht einem erhöhten Traganteil des Laufbandes in der Reifenmitte.

Auch die Reifenwölbung quer zur Fahrtrichtung in- und außerhalb des Latsches kann zur Ermittlung des Reifeninnendrucks herangezogen werden.

Die Bestimmung des Reifeninnendrucks über die Reifendeformation als Indikator hat, vor allem bei Verwendung von vorhandener faseroptischer Sensorik den Vorteil, dass spezielle Reifendruckkontrollsysteme damit entbehrlich werden.

Die Erfindung lässt durch die Verwendung lichtleitender Fasern eine einfache Signalübertragung zu einer im Fahrzeugaufbau vorgesehenen Auswerte- und Rechneinheit zu.

Grundsätzlich eignet sich ein im Rad axial zentrierter optischer Koppler zur Übertragung des von dem Messfühler ausgelösten Lichtsignals auf die Auswerte- und Rechneinheit im Fahrzeugaufbau.

Da ein Herausführen der Faser aus dem Reifen in Kombination mit einer optischen Übertragung von der drehenden Faser auf eine nicht drehende Faser in der Radnarbe in der Praxis aufwändig sein kann, ist es vorteilhaft, eine optoelektronische Auswerteeinheit mit in den Laufstreifen des Reifens einzuvulkanisieren.

Eine solche einvulkanisierte Einheit erfüllt die Anforderungen hinsichtlich Kompaktheit, Gewicht und mechanischer Belastbarkeit, wenn sie z. B. höchstens einen Durchmesser von annähernd 30 mm, eine Dicke von ca. 2 mm und ein Gewicht von ca. 10 g aufweist.

In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung kann eine Auswerteeinheit für faseroptische Bragg-Gitter-Systeme Anwendung finden, bei der die Wellenlängenbestimmung mit passiven Kantenfiltern auf drei unabhängigen Kanälen erfolgt. Als Lichtquelle kann eine Superlumineszenzdiode (SLD) eingesetzt werden. Die Auswerteeinheit kann aus Standardkomponenten aufgebaut sein, die auf einer Platine verlötet werden. Durch eine Integration der verschiedenen Bauelemente direkt in den Siliziumwerkstoff kann der benötigte Bauraum noch deutlich gesenkt werden und gleichzeitig die mechanische Belastbarkeit gesteigert werden.

Die erfindungsgemäße Sensorvorrichtung kann auch mittels der so genannten ASOC (Active Silicon Integrated Optical Circuits)-Technologie realisiert werden, wobei optische Leiterbahnen direkt im Silizium erzeugt und Lichtquellen und Photodetektoren aufgebracht werden. Die Auswerteeinheit besteht hier vorzugsweise aus einer Superlumineszenzdiode (SLD)-Lichtquelle und einer Photodiode mit einem Mach-Zehnder Interferometer zur Wellenlängenbestimmung. Das Interferometer arbeitet hier ohne bewegliche Teile. Der Unterschied in der optischen Weglänge wird durch Aufteilung des eintreffenden Lichts auf zwei optische Leiterbahnen erzeugt, deren Brechungsindex durch elektrische Beaufschlagung mit Ladungsträgern verändert werden kann. Da alle benötigten Teile in einem Chip integrierbar sind, ist die mechanische Belastbarkeit eines solchen Systems sehr hoch.

Ein elektrischer Leistungsbedarf der Auswerteeinheit von z. B. bis zu 1 W im Reifen kann mit bekannten Systemen gedeckt werden, wobei ein Messzyklus in diesem Leistungsbereich einige Nanosekunden benötigt.

Die Tatsache, dass bei einem abnehmenden Reifendruck die vom Reifenmaterial zu leistende Walkarbeit vor allem im Bereich des Latsches zunimmt, wirkt sich auf den Kraftstoffverbrauch ebenso aus, wie auf die Gefahr eines zukünftigen Reifenschadens. Zur Vorbeugung gegen diese Erscheinungen und gegebenenfalls als alternative oder zusätzliche Möglichkeit der Bestimmung des Reifeninnendruckes kann die Erfassung der Walkarbeit dienen. Die Walkarbeit kann dabei auf einfache Art und Weise über die Messung der Reifentemperatur z. B. mittels Faser-Bragg-Gitter (FBGs) erfasst werden.

Demgemäß sieht die Erfindung vor, dass mittels eines Temperatursensors die Reifentemperatur kontinuierlich gemessen, eine Reifenerwärmung erfasst und eine Walkarbeit abgeschätzt wird, um eine Differenz zwischen einem Solldruck und einem Istdruck zu ermitteln und einen Reifenschaden aufgrund Überhitzung zu vermeiden.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, den Patentansprüchen und der Zeichnung.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung zum Ermitteln eines Reifeninnendruckes bei einem Kraftfahrzeug ist in der Zeichnung gezeigt und wird nachfolgend näher beschrieben.

Dabei zeigen:

Fig. 1      einen schematisierten, ausschnittsweisen Querschnitt durch einen Reifen eines Kraftfahrzeugs mit einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung;



- Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf einen Laufstreifen des Reifens;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild der Sensorvorrichtung;
- Fig. 4a bis 4c jeweils ein Diagramm mit einer Latschfläche des Reifens und einer Längsschlupfwegverteilung in drei verschiedenen Zustandsbereichen; und
- Fig. 5 eine Bestimmung einer Oberflächendehnung aus gemessenen Längsschlupfwegen gemäß den Fig. 4a bis 4c im Latsch eines Reifens.

Die Fig. 1 zeigt einen auf eine Felge 1 aufgezogenen Reifen 2. Dieser weist eine Lauffläche 3 auf, deren Profilierung in Fig. 2 näher schematisiert dargestellt ist. Der Reifen 2 ist in herkömmlicher Weise mit einem Gürtel, einer Bandage und weiteren Gewebe- und Verstärkungslagen 4 ausgebildet. In dem Reifen ist im Bereich der Lauffläche 3 eine Mehrzahl von lichtleitenden Fasern 6 eingebettet, die um den Reifenumfang verlaufen und Teil einer Sensorvorrichtung 5 zur Ermittlung des Reifeninnendruckes sind.

In Fig. 2 sind lediglich zwei derartige Fasern 6 beispielhaft an der Lauffläche 3 angedeutet. Der Brechungsindex der lichtleitenden Fasern verändert sich an einem Sensorelement mit einer entsprechenden Gitterkonstante, d. h. er variiert an dem Sensorelement in einem periodischen Abstand zwischen zwei Brechungsindexwerten. Die lichtleitenden Fasern 6 sind spannungsfrei verlegt, d. h. weder gedehnt noch gestreckt.

Abweichend von der gezeigten Ausführung können die lichtleitenden Fasern 6 selbstverständlich auch alternativ oder zu-

sätzlich zu der Anordnung an der Lauffläche 3 an einer Schulter oder einer Seitenwandung 7 des Reifens 2 angebracht sein.

In der Fig. 3 ist stark abstrahiert und blockschaltbildartig gezeigt, dass ein Signalgeber 9 an einem Fahrzeugaufbau 8 vorgesehen ist, welcher beispielsweise aus einer infrarotes Licht aussendenden Leuchtdiode oder einem Infrarotlaser bestehen kann. Über einen im Rad oder unmittelbar am Reifen angeordneten Koppler 10 wird das eingehende Lichtsignal in die an dem Reifen 2 angeordneten lichtleitenden Fasern 6 eingespeist. Das aufgrund der Reifendeformation an dem Sensorelementen veränderte, ausgehende Lichtsignal wird über den Koppler 10 einer Auswerte- und Rechneinheit 11 zugeführt.

Durch die Anordnung von mehreren lichtleitenden Fasern 6 oder mehreren Abschnitten einer Faser nebeneinander, gegebenenfalls auch in mehreren Ebenen, lassen sich zahlreiche einzelne Sensorelemente in dem Reifen anbringen, mittels denen neben einer Latschfläche auch noch weitere Parameter ermittelt werden können. Allerdings kann eine solche Mehrzahl von Sensorelementen auch zur Ermittlung nur der Form und/oder Größe des Reifenlatsches dienen.

Wie sich ein Latschbild, und somit die für die Bestimmung des Reifeninnendruckes gemäß der Erfindung maßgebende Form und/oder Größe des Reifenlatsches unter verschiedenen Betriebszuständen ändert, ist qualitativ den in Fig. 4a bis Fig. 4c gezeigten Diagrammen zu entnehmen.

In Fig. 4a ist ein Latschbild des Reifens 2 anhand einer Längsschlupfwegverteilung bei einem gebremsten Zustand des Kraftfahrzeuges bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h dargestellt, wobei ein Längsschlupfweg LS in Millimeter über einer

Länge L in Zentimeter und einer Reifenbreite B in Zentimeter gezeigt ist.

Entsprechend ist die Längsschlupfwegverteilung in Fig. 4b für einen frei rollenden Zustand des Fahrzeugs bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 60 km/h und in Fig. 4c für einen angetriebenen Zustand des Fahrzeugs bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h gezeigt.

Die räumliche Änderung des jeweiligen Längsschlupfwegs entspricht einer Oberflächendehnung und zugleich einer Dehnung der hiervon betroffenen lichtleitenden Fasern 6.

Durch Bildung des Differentialquotienten entlang einer jeweils in den Fig. 4a bis Fig. 4c gezeigten Bahn S eines Längsschlupfweges kann die an der Oberfläche des Laufstreifens auftretende Dehnung bestimmt werden.

Die Fig. 5 zeigt graphisch diese Differentiation zur Bestimmung der Oberflächendehnung aus gemessenen Längsschlupfwegen, wobei S1 den freirollenden Zustand, S2 den angetriebenen Zustand und S3 den gebremsten Zustand wiedergibt. Der gebremste Zustand gemäß Linie S3 ist dabei mit umgedrehten Vorzeichen dargestellt.

Beim frei rollenden Rad ist nur eine geringe Dehnung am Latscheinlauf zu erkennen. Beim angetriebenen Rad ist diese Dehnung deutlich größer. Zusätzlich tritt eine weitere Dehnung am Latschende auf. Beim abgebremsten Rad dagegen ist im hinteren Latschbereich eine Stauchung zu erkennen. Wie weitere Untersuchungen ergeben haben, gilt diese Aussage unabhängig von der Geschwindigkeit.

Im Umkehrschluss kann aus den gemessenen Dehnungen wiederum durch Integration auf die Profilauslenkung geschlossen werden und somit die Aufteilung der gesamten Latschfläche in Haft- und Gleitbereiche erfasst werden. Das Größenverhältnis dieser beiden Bereiche erlaubt dann den Rückschluss auf den aktuellen Ausnutzungsgrad des vorherrschenden Reibschlusspotentials der Latschfläche.

Neben der beschriebenen Ermittlung des Reifeninnendruckes mittels Messung der Latschgröße wird bei der gezeigten Ausführung mittels eines Temperatursensors 12 die Reifentemperatur kontinuierlich gemessen, so dass eine Reifenerwärmung erfasst wird und eine Walkarbeit abgeschätzt werden kann. Hierbei kann eine Differenz zwischen einem Sollruck und einem Istdruck ermittelt werden. Ein Reifenschaden aufgrund Überhitzung des Reifens kann dabei zusätzlich vermieden werden.

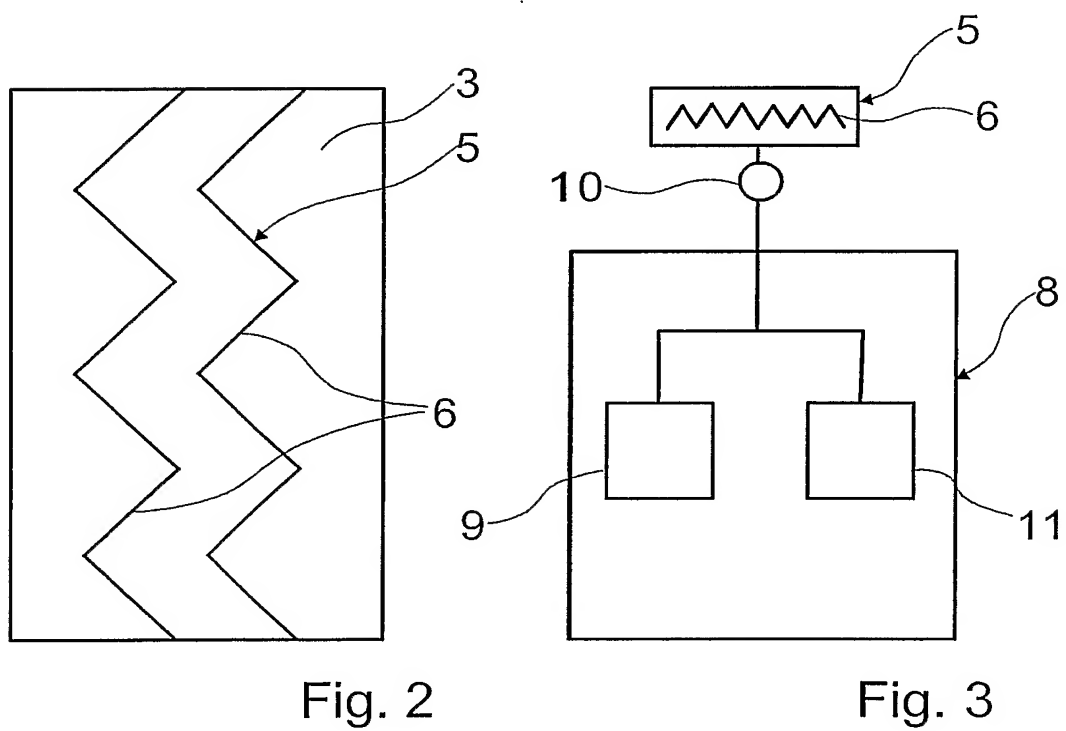
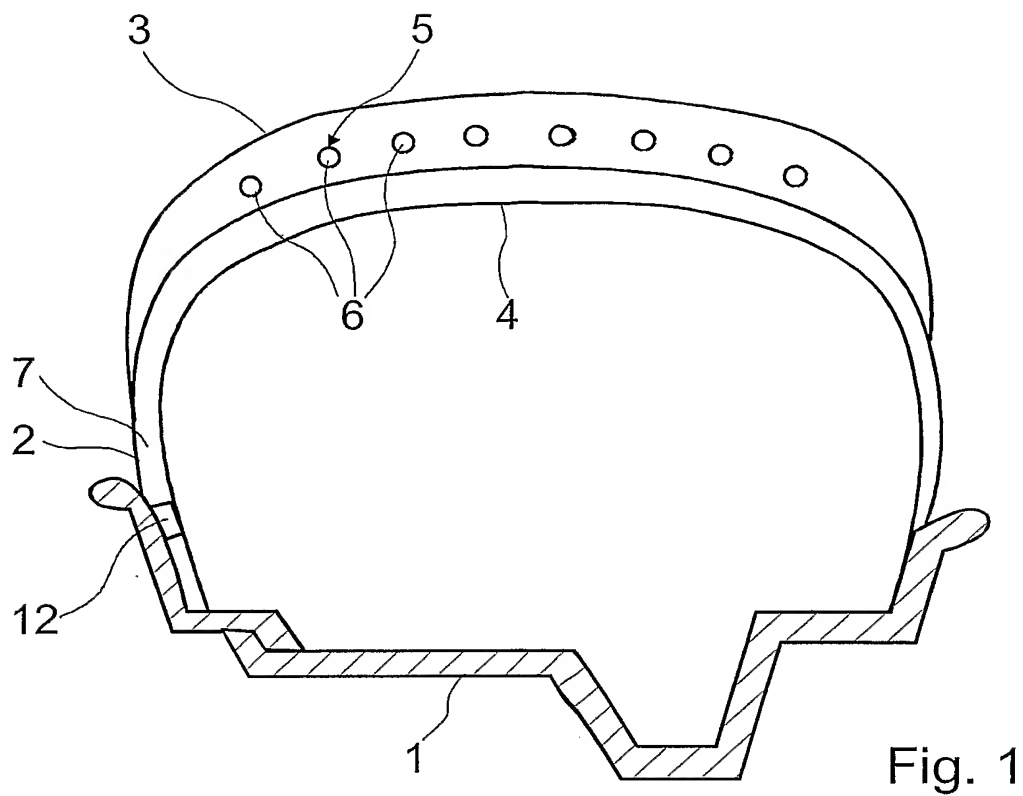
## Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung zum Ermitteln eines Reifeninnendruckes bei einem Kraftfahrzeug mittels mindestens eines Messfühlers (6) in Form einer lichtleitenden Faser, wobei eine Auswerte- und Rechneinheit (11) aus der Veränderung der Lichtwelle auf den gesuchten Parameter schließt, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Messfühler (6) die Form und/oder Größe eines Reifenlatsches als Indikator für den Innendruck des Reifens (2) ermittelt.
2. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerte- und Rechneinheit (11) die die Form und/oder Größe des Radlatsches beeinflussende Radlast über eine Tiefpassfilterung eliminiert.
3. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler (6) durch eine optische Übertragungseinrichtung mit der Auswerte- und Rechneinheit (11) der Sensorvorrichtung (5) verbunden ist.

4. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Auswerte- und Rechneinheit (11) der Sensorvorrichtung (5) im Reifen (2) angeordnet ist.
5. Sensorvorrichtung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Auswerte- und Rechneinheit (11) in den Laufstreifen des Reifens einvulkanisiert ist
6. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mittels eines Temperatursensors (12) eine Reifentemperatur gemessen, eine Reifenerwärmung durch die Auswerte- und Rechneinheit (11) erfasst und eine Walkarbeit abgeschätzt wird, um eine Differenz zwischen einem Soll- und einem Istdruck zu ermitteln.
7. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Auswerte- und Rechneinheit (11) als eine Auswerteeinheit für faseroptische Bragg-Gitter-Systeme ausgebildet ist, bei der die Wellenlängenbestimmung mit passiven Kantenfiltern auf unabhängigen Kanälen erfolgt.
8. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Superlumineszenzdiode (SLD) als Lichtquelle vorgesehen ist.
9. Sensorvorrichtung insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mittels eines Temperatursensors (12) die Reifentem-

peratur kontinuierlich gemessen und hieraus eine Walkarbeit ermittelt wird.

1 / 3





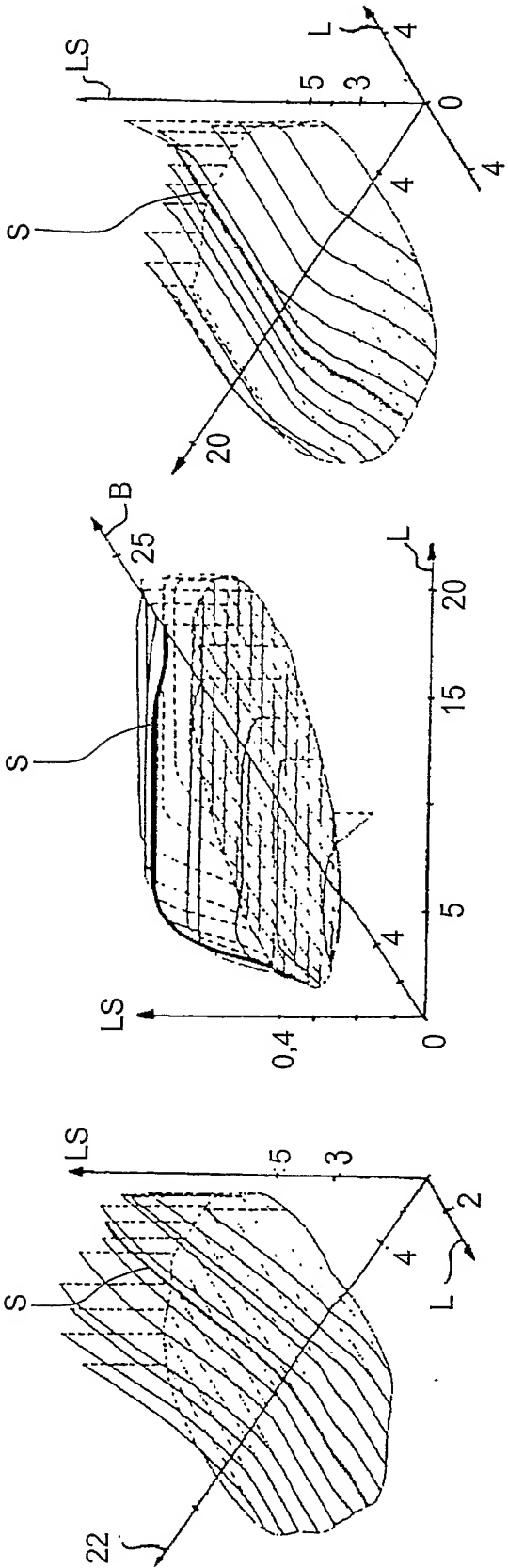


Fig. 4c

Fig. 4b

Fig. 4a

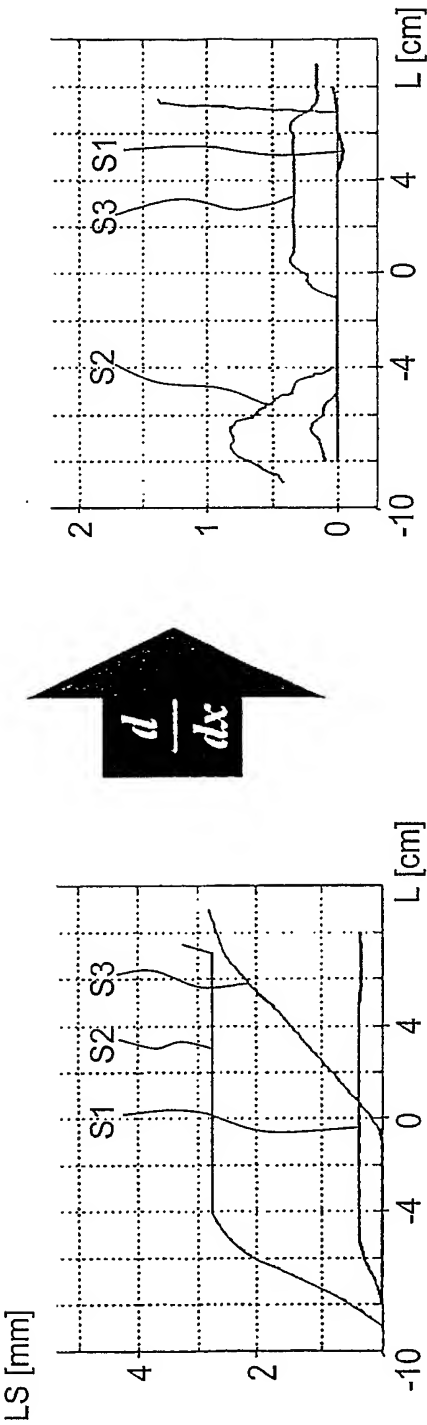


Fig. 5